

과 제 구 분	공동연구	과 제 번 호	RD009117	
과학기술분류	LB0508	품목표준코드	VC-05-1315	
주 관 과 제 명	공익직불제 대응 비료사용량 미설정 작물의 비료사용처방 기준 설정			
과 제 책 임 자	성 명	직 급	소속기관 및 부서	
	이 예 진	농업연구관	국립농업과학원	
연 구 기 간	2021~2025	참여연구기관	-	
세부과제명		부 서	세부책임자	연구기간
1) 강원지역 소면적 재배 작물의 토양검정 비료 사용 처방 기준 설정		농업환경연구과	김 동 민	'21~'25
키 워 드	공익직불제, 토양검정, 소면적 작물, 휴토람, 비료사용처방			

ABSTRACT

This study was conducted over five years from 2021 to 2025 to establish fertilizer application standards for five crops: Small black bean(*Rhynchosia volubilis* Lour.), Sorghum(*Sorghum bicolor* L.), Radish(*Raphanus sativus* L.) cultivated for leaf harvest, wild chive(*Allium monanthum* Maxim.), Asparagus(*Asparagus officinalis* L.). A survey of fertilizer use practices on farms and cultivation experiments were conducted for two years for each crops, during which fertilizer application rates, soil chemical properties, and crop productivity were evaluated. Correlation analyses among the datasets were performed to establish application guidelines for nitrogen, phosphate, and potassium fertilizers. For small black bean, the standard fertilizer application rates were established as 4.2–2.6–3.4 kg/10a for N, P₂O₅, and K₂O, respectively. Fertilizer recommendation equations based on soil testing were as follows: $y(N, \text{ kg/10a}) = 5.3617 - 0.0468 \times O.M.(g/kg)$, $y(P_2O_5, \text{ kg/10a}) = 3.031 - 0.002 \times Av.P_2O_5(mg/kg)$, and $y(K_2O, \text{ kg/10a}) = 3.8823 - 0.9531 \times \text{exch.K}(cmol_c/kg)$. For sorghum, as the standard fertilizer application rates had already been established, only soil test-based fertilizer recommendation equations were developed as follows: $y(N, \text{ kg/10a}) = 19.925 - 0.3972 \times O.M.(g/kg)$, $y(P_2O_5, \text{ kg/10a}) = 8.38 - 0.019 \times Av.P_2O_5(mg/kg)$, and $y(K_2O, \text{ kg/10a}) = 8.6091 - 3.2182 \times \text{exch.K}(cmol_c/kg)$. For radish cultivated for leaf harvest, the standard fertilizer application rates were established as 35.5–7.9–5.8 kg/10a for N, P₂O₅, and K₂O, respectively. Fertilizer recommendation equations based on soil testing were as follows: $y(N, \text{ kg/10a}) = 42.427 - 0.279 \times O.M.(g/kg)$, $y(P_2O_5, \text{ kg/10a}) = 23.134 - 0.038 \times Av.P_2O_5(mg/kg)$, and $y(K_2O, \text{ kg/10a}) = 12.013 - 30.945 \times (K/\sqrt{Ca + Mg})$. For wild chive, the standard fertilizer application rates were established as 6.3–10.1–9.0 kg/10a for N, P₂O₅, and K₂O, respectively. Fertilizer recommendation equations based on soil testing were as follows: $y(N, \text{ kg/10a}) = 9.5256 - 0.107 \times O.M.(g/kg)$, $y(P_2O_5, \text{ kg/10a}) = 16.088 - 0.0132 \times Av.P_2O_5(mg/kg)$, and $y(K_2O, \text{ kg/10a}) = 14.249 - 7.721 \times \text{exch.K}(cmol_c/kg)$. For asparagus, the standard fertilizer application rates and soil test-based fertilizer recommendation equations were established by classifying growth stages into four categories: 1, 2, 3, and ≥ 4 years of cultivation. There is a need for research aimed at establishing crop-specific fertilizer application standards to mitigate environmental pollution caused by excessive nutrient inputs and to reduce reliance on chemical fertilizers.

1 연구목표

작물의 품질 및 생산성을 향상시키기 위해서는 질소, 인산, 칼리의 적절한 비료 3요소 사용을 통한 적절한 양분 공급이 필수적이다. 하지만 현대 농업에서 비료에 대한 식물 이용 기능성의 불확실성, 작물별 비료의 표준사용기준에 대한 정보 부족, 기후 온난화 등 다양한 이유에 의해 비료를 과다 사용하는 경향이 있다(Del rossi, 2024). 비료의 과한 사용은 토양 산성화, 생물 다양성 감소, 미생물 군집의 균형 파괴, 작물 수량 감소 등의 결과를 초래한다(Song et al., 2022). 이처럼 비료사용에 대한 악영향을 최소화하기 위해서는 작물별 비료사용량을 고려한 합리적인 비료사용관리가 필요하다(Liu et al., 2024). 본 연구의 목표는 5작물(쥐눈이콩, 수수, 시래기용 무, 달래, 아스파라거스)에 대해 비료사용기준을 설정하는 것이며, 작물별 비료사용 기준 설정의 필요에 따라 기준이 없는 작물 중 도내 농가의 수요가 많은 작물들로 선정하였다.

2 재료 및 방법

<제1세부과제: 강원지역 소면적 재배 작물의 토양검정 비료사용처방 기준 설정>

(시험 1) 쥐눈이콩 비료사용기준 설정

본 연구는 쥐눈이콩 비료사용기준 설정을 위해 농가의 비료사용 실태조사 및 질소, 인산, 칼리 수준별 재배시험을 수행하였다. 농가 비료사용 실태조사는 강원 평창의 쥐눈이콩 주 생산지에서 45농가를 선정하여 진행하였다. 농가별 비료 사용량을 조사하고 질소, 인산, 칼리 성분량을 면적 단위로 환산하였다. 토양 화학성 및 식물체 성분, 비료 이용효율 등을 조사하기 위해 쥐눈이콩 재배기간인 6~10월 사이에 시료를 채취하여 분석하였다. 질소, 인산, 칼리 수준별 재배시험은 강원특별자치도농업기술원 시험연구포장에서 2021~2022년에 수행하였다. 쥐눈이콩 재배시험의 기준비료량은 작물별 비료사용처방(이, 2022)의 콩 비료사용기준에 준한 질소, 인산, 칼리 3.0-3.0-3.4kg/10a으로 하였다. 그리고 기준비료량에서 질소, 인산, 칼리를 각각 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0배 처리하여 재배시험구를 조성하였다. 전량 밀거름으로 사용하였으며, 비료 종류는 요소, 용과린, 염화칼리이다. 재식거리는 70×15cm으로 하였다. 그리고 시험 전, 후 토양화학성, 작물 생육, 비료 수준별 수확량 등을 조사하였다. 토양 화학성 및 식물체 성분 분석은 종합검정실 분석 매뉴얼 분석법(김, 2023)에 준하였다. 이후 쥐눈이콩 농가 비료사용 실태조사 데이터에서 토양화학성과 농가 비료사용량 및 생산성 관계를 분석하였으며, 토양검정에 따른 비료 추천식과 관련된 질소, 인산, 칼리 비료량 조절 기준을 설정하였다. 재배시험에서는 적정 수량을 생산할 때의 질소와 인산 비료량, 작물별 비료사용처방(이, 2022)에서 기설정된 콩의 칼리 비료 표준사용량을 보정하여 질소, 인산, 칼리의 토양검정에 따른 비료 추천식을 설정하였다. 설정된 쥐눈이콩의 비료 추천식에서 콩 토양화학성 적정범위 값을 적용하여 비료 표준사용량도 함께 설정하였다.

(시험 2) 수수 비료사용기준 설정

본 연구는 수수 비료사용기준 설정을 위해 수행되었다. 수수의 비료 표준사용량은 작물별 비료사용처방(이, 2022)에 기설정되어 있음에 따라(질소, 인산, 칼리 10.0-8.0-7.0kg/10a), 농가의 비료사용 실태만 조사하였다. 강원 인제, 영월, 정선의 수수 주 생산지에서 44농가를 선정하여 진행하였다. 농가별 비료 사용량 및

토양화학성을 조사하고 질소, 인산, 칼리 성분량을 면적 단위로 환산하였다. 이후 실태조사 데이터에서 토양화학성과 농가 비료사용량 및 생산성 관계를 분석하였으며, 토양검정에 따른 비료 추천식과 관련된 질소, 인산, 칼리 비료량 조절 기준을 설정하였다. 그리고 기설정된 수수 비료표준사용량(이, 2022)을 보정하여 질소, 인산, 칼리의 토양검정에 따른 비료 추천식을 설정하였다.

(시험 3) 시래기용 무 비료사용기준 설정

본 연구는 시래기용 무 비료사용기준 설정을 위해 농가의 비료사용실태 조사 및 질소, 인산, 칼리 수준별 재배시험을 수행하였다. 농가 비료사용실태 조사는 강원 양구의 시래기용 무 주생산지에서 41농가를 선정하여 진행하였다. 농가별 비료사용량을 조사하고 질소, 인산, 칼리 성분량을 면적 단위로 환산하였다. 토양 화학성 및 식물체 성분, 비료 이용효율 등을 조사하기 위해 시래기용 무 재배기간인 8~10월 사이에 시료를 채취하여 분석하였다. 질소, 인산, 칼리 수준별 재배시험은 강원특별자치도농업기술원 시험연구포장에서 2022~2023년에 수행하였다. 시래기용 무 재배시험의 기준비료량은 작물별 비료사용처방(이, 2022)의 무 비료사용 기준에 준한 질소, 인산, 칼리 23.4-5.1-8.1kg/10a으로 하였다. 밑거름 및 웃거름 사용량은 표 1과 같다. 웃거름은 파종 후 20일, 40일에 2번 사용하였다. 그리고 기준비료량에서 질소, 인산, 칼리를 각각 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0배 처리하여 재배시험구를 조성하였다. 사용한 비료 종류는 요소, 용과린, 염화칼리이다. 그리고 시험 전, 후 토양화학성, 작물 생육, 비료 수준별 수확량 등을 조사하였다. 이후 시래기용 무 농가 비료사용 실태조사 데이터에서 토양화학성과 농가 비료사용량 및 생산성 관계를 분석하였으며, 토양검정에 따른 비료 추천식과 관련된 질소, 인산, 칼리 비료량 조절기준을 설정하였다. 재배시험에서 적정 수량을 생산할 때의 질소 비료량, 작물별 비료사용처방(이, 2022)에서 기설정된 무 토양검정에 따른 비료 추천식에 재배시험에 따른 적정 인산 및 칼리 비료 사용량을 적용하여 질소, 인산, 칼리의 토양검정에 따른 비료 추천식을 설정하였다.

표 1. 시래기용 무 재배시험 기준비료량(kg/10a)

밑거름			웃거름(총 2회)		총량		
질소	인산	칼리	질소	칼리	질소	인산	칼리
8.4	5.1	4.1	15.0 (1회 당 7.5)	4.0 (1회 당 2.0)	23.4	5.1	8.1

(시험 4) 달래 비료사용기준 설정

본 연구는 달래 비료사용기준 설정을 위해 농가의 비료사용 실태조사 및 질소, 인산, 칼리 수준별 재배시험을 수행하였다. 달래는 중국 및 일본 등 동아시아 지역에 분포하고 우리나라에서는 충남 서산, 태안 및 강원 화천에서 주로 재배되고 있다(최, 2009). 농가 비료사용 실태조사는 강원 화천, 충남 서산 및 태안 일대의 달래의 주 생산지에서 41농가를 선정하여 진행하였다. 농가별 비료 사용량을 조사하고 질소, 인산, 칼리 성분량을 면적 단위로 환산하였다. 토양 화학성 및 식물체 성분, 비료 이용효율 등을 조사하기 위해 달래 재배기간인 8~10월 사이에 시료를 채취하여 분석하였다. 질소, 인산, 칼리 수준별 재배시험은 강원특별자치도 농업기술원 시험연구포장에서 2023~2024년에 수행하였다. 달래 재배시험의 기준비료량은 이(2016)가 제시한 값을 적용하여 11.1-6.7-10.7kg/10a으로 하였다. 그리고 기준비료량에서 질소, 인산, 칼리를 각각 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0배 처리하여 재배시험구를 조성하였다. 전량 밑거름으로 사용하였으며, 비료 종류는 요소, 용과린,

염화칼리이다. 그리고 시험 전, 후 토양화학성, 작물 생육, 비료 수준별 수확량 등을 조사하였다. 이후 달래 농가 비료사용 실태조사 데이터에서 토양화학성과 농가 비료사용량 및 생산성 관계를 분석하였으며, 토양검정에 따른 비료 추천식과 관련된 질소, 인산, 칼리 비료량 조절 기준을 설정하였다. 재배시험에서는 적정 수량을 생산할 때의 질소, 인산, 칼리 비료량을 보정하여 토양검정에 따른 비료 추천식을 설정하였다.

(시험 5) 아스파라거스 비료사용기준 설정

본 연구는 아스파라거스 비료사용기준 설정을 위해 농가의 비료사용실태 조사 및 질소, 인산, 칼리 수준별 재배시험을 수행하였다. 농가 비료사용 실태조사는 강원 춘천, 화천, 양구의 아스파라거스 주 생산지 54농가를 선정하여 진행하였다. 농가별 비료 사용량을 조사하고 질소, 인산, 칼리 성분량을 면적 단위로 환산하였다. 토양 화학성 및 식물체 성분, 비료 이용효율 등을 조사하기 위해 아스파라거스 여름 수확기간인 8월에 시료를 채취하여 분석하였다. 질소 인산, 칼리 수준별 재배시험은 강원특별자치도농업기술원 시험연구포장에서 2024년(생육 3년차)~2025년(생육 4년차)에 수행하였다. 아스파라거스 재배시험의 기준비료량은 작물별 비료 사용처방(이, 2022)에서 임시 설정된 아스파라거스 비료사용기준으로 표2와 같다. 웃거름은 입경 시기에 사용하였다. 그리고 기준비료량에서 질소, 인산, 칼리를 각각 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0배 처리하여 재배시험구를 조성하였다. 사용한 비료 종류는 요소, 용과린, 염화칼리이다. 그리고 시험 전, 후 토양화학성, 작물 생육, 비료 수준별 수확량 등을 조사하였다. 이후 아스파라거스 비료사용 실태조사 데이터에서 토양화학성과 농가 비료사용량 및 생산성 관계를 분석하였으며, 토양검정에 따른 비료 추천식과 관련된 질소, 인산, 칼리 비료량 조절기준을 설정하였다. 재배시험에서 적정 수량을 생산할 때의 비료량을 보정하여 아스파라거스 생육 3년차 및 4년차의 토양검정에 따른 비료 추천식을 설정하였다. 1년차 및 2년차의 토양검정에 따른 비료 추천식은 임시 설정된 비료사용기준을 보정하였다.

표 2. 아스파라거스 재배시험 기준비료량(kg/10a)

생육연차	밑거름			웃거름		총량	
	질소	인산	칼리	질소	질소	인산	칼리
3년	13.0	15.0	18.0	7.0	20.0	15.0	18.0
4년	20.0	20.0	25.0	10.0	30.0	20.0	25.0

3 결과 및 고찰

<제1세부과제: 강원지역 소면적 재배 작물의 토양검정 비료사용처방 기준 설정>

(시험 1) 쥐눈이콩 비료사용 기준 설정

쥐눈이콩 재배지에 대한 45농가 양분관리 실태조사 결과, 평균 비료사용량은 질소, 인산, 칼리 5.1-4.2-4.6kg/10a이며 전량 밑거름으로 사용하였다. 최소 질소, 인산, 칼리 비료사용량은 0.8-0.4-0.8kg/10a이며, 최대 비료사용량은 14.5-12.8-14.4kg/10a으로 나타났다(표 3). 또한 주요 재배지의 토양화학성은 콩 재배 특성상 적은 비료 사용에 따라 대다수 양분 함량이 적정범위를 넘지 않았다. 평균 pH는 6.6, EC는

0.5dS/m, 교환성 칼슘은 0.72cmol_c/kg으로 나타났다. 하지만 유효인산 503mg/kg, 교환성 칼륨 0.79 cmol_c/kg는 다소 높은 경향을 보였다(표 4). 쥐눈이콩 재배지 식물체 채취에 따른 T-N, P₂O₅, K₂O, CaO, MgO 성분 함량은 표 5와 같다.

표 3. 쥐눈이콩 재배 농가 평균 비료사용량(45농가)

구분	밑거름(kg/10a)		
	질소	인산	칼리
평균	5.1	4.2	4.6
최소	0.8	0.4	0.8
최대	14.5	12.8	14.4

표 4. 쥐눈이콩 재배지 토양 화학성

구분	pH (1:5)	EC (1:5)	OM (g/kg)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exch. Cations (cmol _c /kg)		
					K	Ca	Mg
평균	6.6	0.5	25	503	0.79	7.2	1.5
최소	4.8	0.2	11	21	0.13	2.2	0.3
최대	8.1	1.2	57	1242	2.02	19.1	5.2
콩 토양 적정범위	6.5~7.0	2 이하	20~30	150~250	0.45~0.55	6.0~7.0	2.0~2.5

표 5. 쥐눈이콩 식물체 평균 성분함량

성분함량(%)				
T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
6.2±1.35	0.6±0.30	2.45±0.47	1.55±0.57	0.67±0.19

쥐눈이콩의 재배시험은 토양 화학성의 비옥도가 크지 않은 농경지에서 수행하였다(표 6). 특히 재배시험 1년차에 비해 2년차의 경우 시험연구포장을 새로 개간하여 양분함량이 높지 않았다. 2년차 시험포장의 시험 전 토양화학성에서 유기물 8g/kg, 유효인산 171mg/kg, 교환성 칼륨 0.08cmol_c/kg 등 낮은 양분함량을 보였다. 비료 처리에 따른 토양 화학성은 시험구 별로 유의한 차이가 나타나지 않았다(표 7).

표 6. 쥐눈이콩 재배시험 전 토양 화학성

구분	pH (1:5)	EC (1:5)	OM (g/kg)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exch. Cations (cmol _c /kg)		
					K	Ca	Mg
1년차	6.9	0.7	15	461	0.40	5.9	1.0
2년차	7.8	0.2	8	171	0.08	4.8	0.9
콩 토양 적정범위	6.5~7.0	2 이하	20~30	150~250	0.45~0.55	6.0~7.0	2.0~2.5

표 7. 쥐눈이콩 재배시험 비료 수준 처리별 토양 화학성

구분	처리구	pH (1:5)	EC (1:5)	OM (g/kg)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exch. Cations (cmol _c /kg)		
						K	Ca	Mg
1년차 수확기	N 0배	6.3	0.4	15	414	0.28	6.2	0.98
	N 0.5배	6.9	0.3	15	450	0.31	5.8	1.03
	N 1배	6.3	0.3	14	387	0.29	7.2	1.24
	N 1.5배	6.8	0.3	15	321	0.32	6.9	1.02
	N 2배	5.9	0.3	16	232	0.21	5.1	0.53
	P 0배	6.5	0.3	15	444	0.33	7.1	1.06
	P 0.5배	6.6	0.7	15	510	0.31	8.1	1.42
	P 1배	6.3	0.3	14	387	0.29	7.2	1.24
	P 1.5배	6.4	0.3	15	297	0.24	4.5	0.78
	P 2배	5.9	0.3	15	237	0.20	3.4	0.40
	K 0배	6.3	0.5	16	498	0.35	7.6	1.06
	K 0.5배	6.3	0.3	15	503	0.25	4.9	0.76
	K 1배	6.4	0.2	14	425	0.34	6.6	1.02
	K 1.5배	6.5	0.7	14	370	0.26	5.0	0.79
K 2배	6.0	0.3	17	284	0.22	3.7	0.37	
2년차 수확기	N 0배	7.6	0.2	6	206	0.08	4.6	0.99
	N 0.5배	7.6	0.6	9	152	0.20	5.2	0.99
	N 1배	7.4	0.5	5	133	0.09	4.1	0.86
	N 1.5배	7.4	0.4	7	218	0.13	4.6	0.88
	N 2배	7.5	0.6	7	123	0.17	4.5	0.94
	P 0배	7.8	0.2	8	119	0.09	4.9	0.81
	P 0.5배	7.8	0.4	7	124	0.12	4.9	0.82
	P 1배	7.4	0.5	5	133	0.09	4.1	0.86
	P 1.5배	7.6	0.4	6	184	0.10	4.5	0.83
	P 2배	7.4	0.4	5	137	0.13	3.9	0.81
	K 0배	7.5	0.3	5	216	0.08	4.1	0.87
	K 0.5배	7.6	0.4	7	116	0.16	4.0	0.89
	K 1배	7.4	0.5	5	133	0.09	4.1	0.86
	K 1.5배	7.2	0.5	6	191	0.19	4.0	0.96
K 2배	7.5	0.2	8	118	0.13	4.7	0.85	

쥐눈이콩의 개체당 협수, 백립중, 개체당 입중에 대한 작물 생육을 조사하였다. 전반적으로 질소, 인산, 칼리 시험구에서 1년차 재배시험의 쥐눈이콩 생육 및 수량이 2년차에 비해 높았다(표 8). 비료 수준별 처리에 따른 쥐눈이콩 평균 수량의 경우 재배시험 1년차에서는 기준 비료량 질소 1.5배(251kg/10a), 인산 1배(243), 칼리 1배(261) 시험구에서, 2년차에서는 질소 1.5배(253), 인산 1배(174), 칼리 0.5배(193)에서 가장 높았다(표3-7). 쥐눈이콩 재배시험 1, 2년차 수량곡선 평균에 대해서 최대 수량을 생산할 때의 비료량은 질소, 인산, 칼리 4.8-2.4-1.9kg/10a으로 나타났다(그림 1).

표 8. 쥐눈이콩 재배시험 비료 수준에 따른 작물생육(수확기, 10월)

구분	처리	개체당 협수(개)			백립중(g)			개체당 입중(g)		
		질소	인산	칼리	질소	인산	칼리	질소	인산	칼리
1년차	0배	155.7	108.0	84.3	11.5	13.4	12.9	32.4	30.7	28.1
	0.5배	158.0	158.3	175.3	14.0	11.1	12.8	43.9	33.1	38.4
	1배	100.7	100.8	169.3	13.2	13.2	12.9	42.5	42.5	45.7
	1.5배	137.0	140.0	115.7	13.0	12.5	13.5	32.9	29.5	34.8
	2배	113.0	146.0	165.7	13.3	13.8	14.7	21.3	35.9	39.0
2년차	0배	96.7	88.5	67.2	15.2	13.6	13.6	38.5	24.3	25.0
	0.5배	96.5	64.8	66.5	13.5	13.3	13.3	44.2	28.5	26.0
	1배	90.3	90.3	90.3	13.9	13.9	13.9	30.5	30.5	30.5
	1.5배	76.8	68.0	59.3	13.1	13.0	14.8	32.7	23.9	33.8
	2배	93.0	76.7	118.5	12.4	14.4	15.0	34.1	29.3	32.8

표 9. 쥐눈이콩 재배시험 비료 수준에 따른 평균 수량(kg/10a, 생중)

구분	처리	질소구	인산구	칼리구
1년차	0배	122	205	223
	0.5배	188	169	199
	1배	243	243	261
	1.5배	251	189	220
	2배	185	175	160
2년차	0배	195	167	187
	0.5배	187	136	193
	1배	174	174	174
	1.5배	253	163	149
	2배	220	139	143

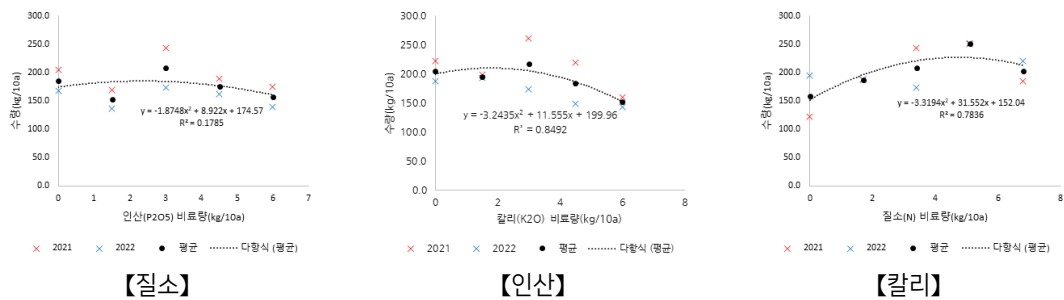
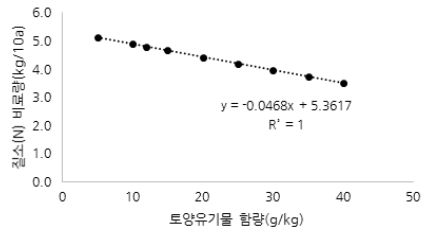
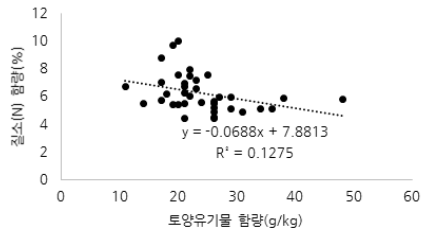


그림 1. 쥐눈이콩 재배시험 비료 수준별 수량 곡선(kg/10a)

쥐눈이콩 토양검정에 따른 질소 비료 추천식 설정을 위하여 비료사용 실태조사에 따른 유기물 함량, 식물체 질소 함량 관계식에 재배시험의 최대 수량 질소 비료량 4.8kg/10a, 1, 2년차 재배시험 전 토양 유기물 함량의 평균 12kg/10a를 적용하여 보정하였다. 그 결과 질소 시비량(N, kg/10a) = 5.3617 - 0.0468×토양 유기물 함량(O.M., g/kg)의 질소 비료 추천식을 설정하였다(그림 2).

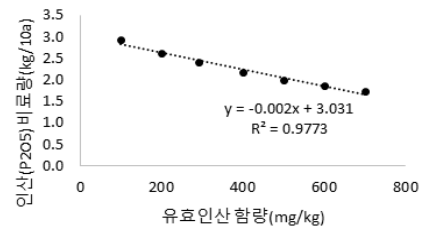
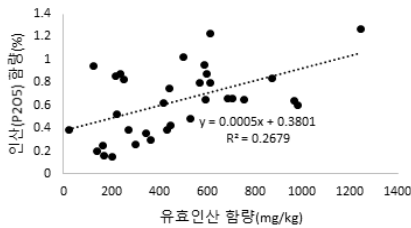


【토양 유기물 함량과 식물체 질소 함량 관계】

【토양 유기물 함량에 따른 질소 시비량】

그림 2. 쥐논이콩 토양검정에 따른 질소 비료추천식 설정

다음 토양검정에 따른 인산 비료 추천식 설정을 위하여 비료사용 실태조사에 따른 토양 유효인산 함량과 식물체 인산 함량 관계식에, 재배시험에서 최대수량을 나타내는 인산 비료량 2.4kg/10a 및 1, 2년차 시험 전 토양 유효인산 함량 평균 290mg/kg를 적용하여 보정하였다. 그 결과 인산 시비량(P_2O_5 , kg/10a) = $3.031 - 0.002 \times$ 토양 유효인산 함량(Av. P_2O_5 , mg/kg)의 인산 비료 추천식을 설정하였다(그림 3).

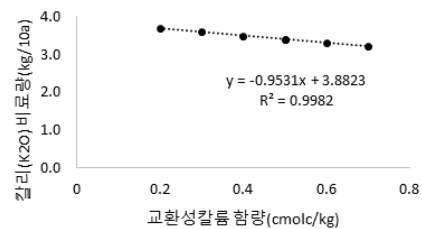
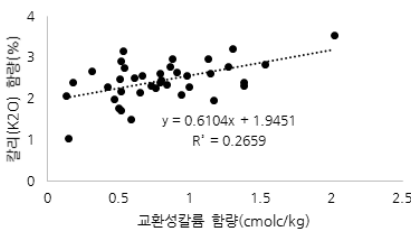


【토양 유효인산 함량과 식물체 인산 함량 관계】

【토양 유효인산 함량에 따른 인산 시비량】

그림 3. 쥐논이콩 토양검정에 따른 인산 비료추천식 설정

다음 토양검정에 따른 칼리 비료 추천식에 설정을 위하여 비료사용 실태조사에 따른 토양 교환성칼륨 함량과 식물체 칼리 함량 관계식에, 콩 칼리 표준 비료사용량 3.4kg/10a 및 콩 토양 적정 교환성칼륨 함량 0.5cmol_c/kg를 적용하여 보정하였다. 그 결과 칼리 시비량(K_2O , kg/10a) = $3.8823 - 0.9531 \times$ 토양 교환성칼륨 함량(cmol_c/kg)의 칼리 비료 추천식을 설정하였다(그림 4).



【토양 교환성칼륨 함량과 식물체 칼리 함량 관계】

【토양 교환성칼륨 함량에 따른 칼리 시비량】

그림 4. 쥐논이콩 토양검정에 따른 칼리 비료추천식 설정

그리고 설정한 쥐논이콩 질소, 인산, 칼리 토양검정에 따른 비료 추천식(표 10)에서 콩 토양화학성 적정값인 유기물 25g/kg, 유효인산 200mg/kg, 교환성칼륨 함량 0.5cmol_c/kg를 적용하여 쥐논이콩 비료 표준사용량 질소, 인산, 칼리 4.2-2.6-3.4kg/10a를 설정하였다.

표 10. 쥐눈이콩 토양검정에 따른 비료 추천식

질소 비료추천식: $N(\text{kg}/10\text{a}) = 5.3617 - 0.0468 \times \text{OM}$	토양 유기물(g/kg)			
		10	20	30
인산 비료추천식: $P_2O_5(\text{kg}/10\text{a}) = 3.031 - 0.002 \times \text{Av.}P_2O_5$	질소(N) 비료사용량, kg/10a			
		4.9	4.4	4.0
칼리 비료추천식: $K_2O(\text{kg}/10\text{a}) = 3.8823 - 0.9531 \times \text{Ex.}K$	토양 유효인산 함량 (mg/kg)			
		200	300	400
	인산(P_2O_5) 비료사용량, kg/10a			
		2.6	2.4	2.2
	교환성 칼륨 함량 (cmol _c /kg)			
		0.3	0.4	0.5
	칼리(K_2O) 비료사용량, kg/10a			
		3.6	3.5	3.4

(시험 2) 수수 비료사용 기준 설정

수수 재배지에 대한 45농가 양분관리 실태조사 결과, 평균 비료사용량은 질소, 인산, 칼리 18.8-10.0-11.7 kg/10a이며 대다수의 농가가 전량 밀거름으로 사용하였다. 일부 비료를 사용하지 않는 농가가 있었으며, 최대 비료사용량은 64.6-51.5-51.5kg/10a으로 나타났다(표 11). 또한 주요 재배지의 토양 화학성의 평균은 pH 6.7, EC 0.9dS/m, 유기물 26g/kg, 교환성칼슘 7.6cmol_c/kg 및 교환성마그네슘 2.0cmol_c/kg으로 적정범위에 있었으며, 유효인산 462mg/kg 및 교환성칼륨 0.72cmol_c/kg는 다소 높은 값을 보였다(표 12). 또한 양분관리 실태조사에 따라 농가 비료 사용량과 농경지 토양 양분함량의 관계에서 토양 유기물, 유효인산, 교환성칼륨 함량이 높을수록 농가에서는 비료 사용량이 적은 경향을 보였다(그림 5).

표 11. 수수 재배 농가 평균 비료사용량(45농가)

구분	밀거름(kg/10a)		
	질소	인산	칼리
평균	18.8	10.0	11.7
최소	-	-	-
최대	64.6	51.5	51.5

표 12. 수수 재배지 토양 화학성

구분	pH (1:5)	EC (1:5)	OM (g/kg)	Av. P_2O_5 (mg/kg)	Exch. Cations (cmol _c /kg)		
					K	Ca	Mg
평균	6.7	0.9	26	462	0.72	7.6	2.0
최소	4.2	0.1	4	47	0.09	1.6	0.6
최대	8.8	2.8	60	1108	1.92	22.6	4.9
수수 토양 적정범위	6.5~7.0	2 이하	20~30	150~250	0.45~0.55	6.0~7.0	2.0~2.5

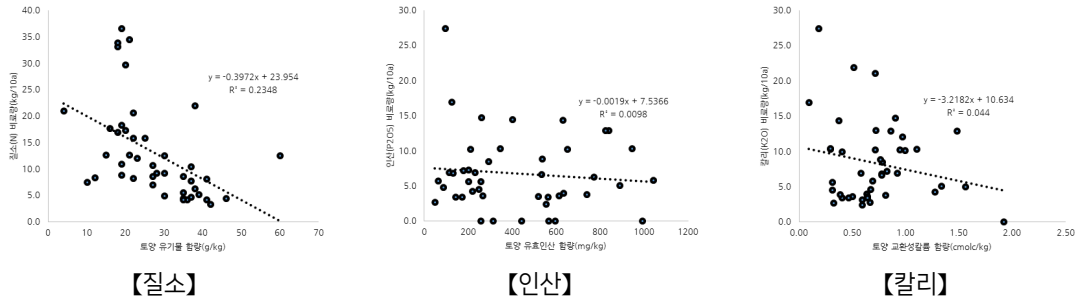


그림 5. 수수 재배지 농가 시비량과 토양양분 함량 관계

수수 토양검정에 따른 질소 비료 추천식 설정을 위하여 농가 질소 사용량과 토양 유기물 함량 관계 $y = 23.952 - 0.3972x$ 에서 y 는 수수 질소 표준사용량 10kg/10a, x 는 수수 적정 토양 유기물 함량 25g/kg를 대입하여 비료 추천식을 보정하였다. 그 결과 질소 시비량(N, kg/10a) = $19.925 - 0.3972 \times$ 토양 유기물 함량(O.M., g/kg)의 질소 비료 추천식을 설정하였다. 다음 토양검정에 따른 인산 비료 추천식 설정을 위하여 농가 인산 사용량과 토양 유효인산 함량 관계 $y = 7.5366 - 0.0019x$ 에서 y 는 수수 인산 표준사용량 8kg/10a, x 는 수수 적정 토양 유효인산 함량 200mg/kg를 대입하여 비료 추천식을 보정하였다. 그 결과 인산 시비량(P2O5, kg/10a) = $8.38 - 0.0019 \times$ 토양 유효인산 함량(mg/kg)의 인산 비료 추천식을 설정하였다. 다음 토양검정에 따른 칼리 비료 추천식 설정을 위하여 농가 칼리 사용량과 토양 교환성칼륨 함량 관계 $y = 10.634 - 3.2182x$ 에서 y 는 수수 칼리 표준사용량 7kg/10a, x 는 적정 토양 교환성칼륨 함량 0.5cmolc/kg를 대입하여 비료 추천식을 보정하였다. 그 결과 칼리 시비량(K2O, kg/10a) = $8.6091 - 3.2182 \times$ 토양 교환성 칼륨 함량(cmolc/kg)의 칼리 비료 추천식을 설정하였다(표 13).

표 13. 수수 토양검정에 따른 비료 추천식

		토양 유기물(g/kg)			
		10	20	30	40
질소 비료추천식: N(kg/10a) = 19.925 - 0.3972*×OM	질소(N) 비료사용량, kg/10a	16.0	12.0	8.0	4.0
	토양 유효인산 함량 (mg/kg)	200	300	400	500
인산 비료추천식: P ₂ O ₅ (kg/10a) = 8.38 - 0.0019×Av.P ₂ O ₅	인산(P ₂ O ₅) 비료사용량, kg/10a	8.0	7.8	7.6	7.4
	교환성 칼륨 함량 (cmolc/kg)	0.3	0.4	0.5	0.6
칼리 비료추천식: K ₂ O(kg/10a) = 8.6091 - 3.2182×Ex.K	칼리(K ₂ O) 비료사용량, kg/10a	7.6	7.3	7.0	6.7

(시험 3) 시래기용 무 비료사용 기준 설정

시래기용 무 재배지에 대한 41농가 양분관리 실태조사 결과, 평균 비료사용량은 질소, 인산, 칼리 21.6-11.8-12.1kg/10a이다. 최소 질소, 인산, 칼리 비료사용량은 1.8-0.9-0.1kg/10a이고 최대 비료사용량은

53.4-20.6-20.6kg/10a이었다(표 14). 시래기용 무 지상부의 잎 및 줄기 생육 유도를 위해 질소질 비료를 과용하는 농가가 일부 있었다. 또한 주요 재배지의 토양 화학성 평균은 pH 6.1, EC 0.8dS/m, 유기물 24g/kg, 교환성칼슘 4.7cmol_c/kg, 교환성마그네슘 1.3cmol_c/kg으로 적정범위에 있었으며, 유효인산은 720mg/kg으로 높은 값이 나타났다(표 15). 시래기용 무 재배지 식물체 분석에 따른 T-N, P₂O₅, K₂O 성분 함량은 표 16와 같다.

표 14. 시래기용 무 재배 농가 평균 비료사용량(41농가)

구분	밀거름		
	질소	인산	칼리
평균	21.6	11.9	12.1
최소	1.8	0.9	0.1
최대	53.4	20.6	20.6

표 15. 시래기용 무 재배지 토양 화학성

구분	pH (1:5)	EC (1:5)	OM (g/kg)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exch. Cations (cmol _c /kg)		
					K	Ca	Mg
평균	6.1	0.8	23.6	720	0.92	4.7	1.3
최소	4.4	0.1	6.4	96	0.11	1.0	0.3
최대	7.9	3.1	61.5	1716	2.47	12.9	5.0
무 토양 적정범위	6.0~6.5	2 이하	20~30	350~450	0.60~0.70	5.0~6.0	1.5~2.0

표 16. 시래기용 무 식물체 평균 성분 함량

성분함량(%)		
T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O
3.9±0.88	1.0±0.21	6.1±1.45

시래기용 무 재배시험은 1년차의 경우 시험연구 포장을 새로 개간하여 토양 양분함량이 높지 않았다(표 17). 비료 처리에 따른 토양 화학성에서 재배시험 2년차 인산 시험구에서 인산 비료량이 많을수록 토양 유효인산 함량이 높았고, 칼리 시험구에서 칼리 비료량이 많을수록 교환성칼륨 함량이 높았다. 이 외의 대다수 시험구에서는 비료량에 따른 양분 함량의 차이가 나타나지 않았다(표 18).

표 17. 시래기용 무 재배시험 전 토양 화학성

구분	pH (1:5)	EC (1:5)	OM (g/kg)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exch. Cations (cmol _c /kg)		
					K	Ca	Mg
1년차	7.0	0.2	8	153	0.11	4.5	0.6
2년차	7.2	0.3	18	532	0.46	4.8	1.1
콩 토양 적정범위	6.0~6.5	2 이하	20~30	350~450	0.60~0.70	5.0~6.0	1.5~2.0

표 18. 시래기용 무 재배시험 비료 수준 처리별 토양 화학성

구분	처리구	pH (1:5)	EC (1:5)	OM (g/kg)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exch. Cations (cmol _c /kg)		
						K	Ca	Mg
1년차 수확기	N 0배	7.0	0.2	11	293	0.19	4.7	0.7
	N 0.5배	6.5	0.1	9	100	0.11	3.9	0.6
	N 1배	6.9	0.2	9	203	0.09	4.5	0.6
	N 1.5배	6.5	0.1	8	88	0.07	4.2	0.6
	N 2배	6.7	0.2	9	153	0.08	4.2	0.6
	P 0배	6.9	0.1	10	165	0.12	4.3	0.6
	P 0.5배	6.9	0.2	11	243	0.16	4.7	0.7
	P 1배	6.9	0.2	9	203	0.09	4.5	0.6
	P 1.5배	6.5	0.1	9	206	0.08	4.2	0.6
	P 2배	6.7	0.2	9	156	0.09	4.3	0.7
	K 0배	6.7	0.2	8	192	0.05	4.3	0.6
	K 0.5배	7.0	0.1	9	226	0.09	4.5	0.7
	K 1배	6.9	0.1	9	203	0.09	4.5	0.6
	K 1.5배	6.9	0.1	9	160	0.08	4.4	0.6
K 2배	7.1	0.2	11	245	0.18	4.7	0.7	
2년차 수확기	N 0배	6.7	0.9	16	591	0.86	4.4	1.0
	N 0.5배	7.2	0.8	18	582	0.83	4.5	1.0
	N 1배	7.6	0.7	16	471	0.59	3.9	0.9
	N 1.5배	7.4	0.8	15	478	0.72	3.8	0.9
	N 2배	7.7	1.0	16	454	0.75	3.7	0.9
	P 0배	7.6	0.7	17	421	0.77	4.7	0.9
	P 0.5배	7.4	0.7	16	489	0.63	4.1	0.9
	P 1배	7.6	0.7	16	471	0.59	3.9	0.9
	P 1.5배	6.5	0.6	16	454	0.54	3.8	0.9
	P 2배	6.8	0.6	17	539	0.49	4.1	1.0
	K 0배	7.0	0.9	17	471	0.50	4.0	0.9
	K 0.5배	7.3	0.6	16	516	0.53	4.3	1.1
	K 1배	7.6	0.7	16	471	0.59	3.9	0.9
	K 1.5배	7.3	0.7	18	561	0.76	4.9	1.0
K 2배	7.3	0.5	17	564	0.83	4.2	1.0	

시래기용 무의 엽수, 엽장, 엽중에 대한 작물 생육을 조사하였다. 재배시험 1년차에서 기준비료량 질소, 인산 2배 시험구에서 엽수, 엽장, 엽중이 높았으며, 칼리는 1~1.5배에서 높았다. 2년차에는 비료사용량 1.5~2배에서 높은 조사 값이 나타났다(표 19). 비료 수준에 따른 시래기용 무 수량의 경우 재배시험 1년차에서는 기준 비료량 질소 2배(3,675kg/10a), 인산 2배(3,999), 칼리 1배(3,302) 시험구에서, 2년차에서는 질소 1.5배(3,560), 인산 1.5배(2,800), 칼리 0.5배(2,810)에서 가장 높았다(표 19). 시래기용 무 재배시험 1, 2년차 수량곡선 평균에 대해서 최대 수량을 생산할 때의 비료량은 질소, 인산, 칼리 38.8-10.1-8.3kg/10a으로 나타났다(그림 6).

표 19. 시래기용 무 재배시험 비료 수준 처리별 작물생육(수확기, 10월)

구분	처리	엽수(개)			엽장(cm)			엽중(g)		
		질소	인산	칼리	질소	인산	칼리	질소	인산	칼리
1년차	0배	22.8b	23.7ns	25.4ns	32.2c	43.9c	45.7ns	226.8c	348.1ns	379.7ns
	0.5배	23.7b	24.4	24.2	40.4b	45.4c	47.2	318.2bc	420.2	393.2
	1배	23.2b	24.2	24.2	45.9a	45.9bc	45.9	429.2ab	429.2	429.2
	1.5배	26.4ab	25.0	24.1	46.9a	48.9ab	46.8	462.0a	439.8	419.7
	2배	28.2a	26.8	24.4	49.0a	50.4a	44.7	477.8a	519.9	368.6
2년차	0배	25.8ns	24.6b	28.7ns	28.7c	28.8d	34.2ns	218.7c	224.3b	357.0ns
	0.5배	28.1	28.2a	30.5	30.3c	31.9c	33.5	326.6b	331.8a	365.3
	1배	28.2	28.2a	28.2	33.7b	33.7b	33.7	333.3b	333.3a	333.3
	1.5배	28.6	28.3a	28.4	37.9a	34.6ab	32.6	462.8a	364.0a	361.3
	2배	27.5	30.2a	27.9	34.4b	35.4a	34.4	348.4b	338.1a	361.7

DMRT; $p < 0.05$.

표 20. 시래기용 무 재배시험 비료 수준 처리별 평균 수확량(kg/10a, 생중)

처리	질소구	인산구	칼리구	
1년차	0배	1,744c	2,678ns	2,921ns
	0.5배	2,448bc	3,232	3,025
	1배	3,302ab	3,302	3,302
	1.5배	3,554a	3,383	3,229
	2배	3,675a	3,999	2,835
2년차	0배	1,682c	1,725b	2,746ns
	0.5배	2,512b	2,552a	2,810
	1배	2,564b	2,564a	2,564
	1.5배	3,560a	2,800a	2,779
	2배	2,680b	2,601a	2,782

DMRT; $p < 0.05$.

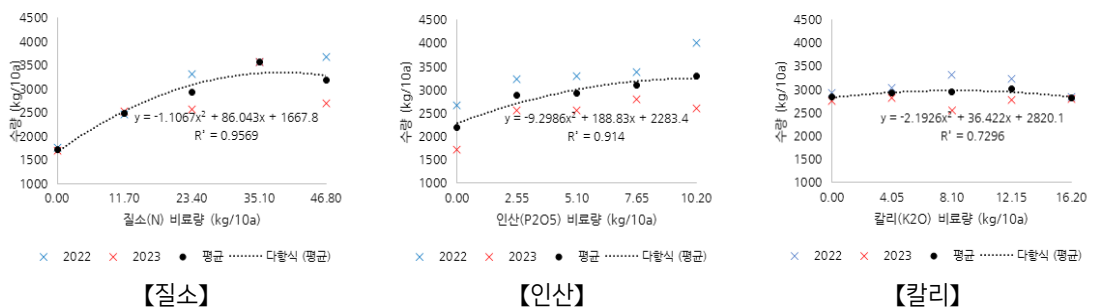


그림 6. 시래기용 무 재배시험 비료 수준 처리별 수량 곡선(kg/10a)

시래기용 무 토양검정에 따른 질소 비료 추천식 설정을 위하여 농가 질소 사용량과 토양 유기물 함량 관계 $y = 28.205 - 0.279x$ 에서 y 는 재배시험에 따른 최대 수량 생산 시 질소 비료사용량 38.8kg/10a, x 는 재배시험 전 토양 유기물 함량 13g/kg를 대입하여 비료 추천식을 보정하였다. 그 결과 질소 시비량(N, kg/10a) = $42.427 - 0.279 \times$ 토양 유기물 함량(g/kg)의 질소 비료 추천식을 설정하였다(그림 7).

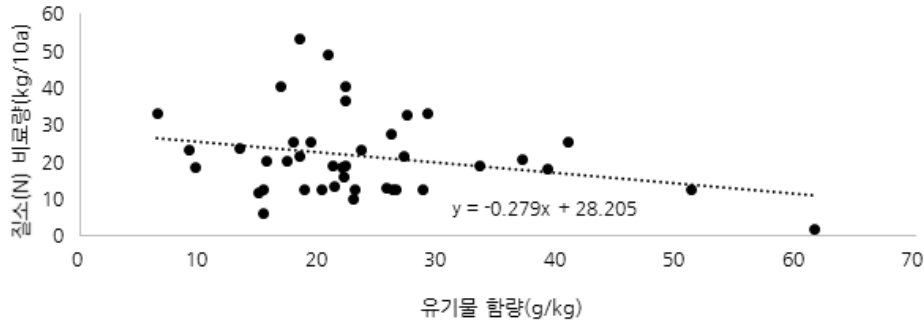


그림 7. 시래기용 무 재배지 토양 유기물 함량과 질소비료 사용량 관계

다음 토양검정에 따른 인산 비료 추천식 설정을 위하여 무 토양검정에 따른 비료 추천식의 인산 시비량(kg/10a) = $24.725 - 0.0038 \times$ 토양 유효인산 함량(mg/kg)에서 y 는 재배시험에 따른 최대 수량 생산 시 인산 비료사용량 10.1kg/10a, x 는 재배시험 전 유효인산 함량 343mg/kg를 대입하여 비료 추천식을 보정하였다. 그 결과 인산 시비량(P_2O_5 , kg/10a) = $23.134 - 0.038 \times$ 토양 유효인산 함량(mg/kg)의 인산 비료 추천식을 설정하였다. 다음 토양검정에 따른 칼리 비료 추천식 설정을 위하여 무 토양검정에 따른 비료 추천식 칼리 시비량(kg/10a) = $17.590 - 30.945 \times$ 토양 교환성 양이온비($K/(\sqrt{Ca+Mg})$)에서 y 는 재배시험에 따른 최대 수량 생산 시 칼리 비료사용량 8.3kg/10a, x 는 재배 시험 전 토양 교환성 양이온비($K/(\sqrt{Ca+Mg})$) 0.12를 대입하여 비료 추천식을 보정하였다. 그 결과 칼리 시비량(K_2O , kg/10a) = $12.013 - 30.945 \times$ 토양 교환성 양이온비($K/(\sqrt{Ca+Mg})$)의 칼리 비료 추천식을 설정하였다. 그리고 설정한 시래기용 무 질소, 인산, 칼리 토양검정에 따른 비료 추천식(표 20)에서 무 토양화학성 적정값인 유기물 25g/kg, 유효인산 400mg/kg, 토양 교환성 양이온비($K/(\sqrt{Ca+Mg})$) 0.2를 적용하여 비료 표준사용량 질소, 인산, 칼리 35.5-7.9-5.8kg/10a를 설정하였다.

표 21. 시래기용 무 토양검정에 따른 비료 추천식

질소 비료추천식: $N(kg/10a) = 42.427 - 0.279 \times OM$	토양 유기물(g/kg)			
	10	20	30	40
	질소(N) 비료사용량, kg/10a			
	39.6	36.8	34.1	31.3
인산 비료추천식: $P_2O_5(kg/10a) = 23.134 - 0.038 \times Av.P2O5$	토양 유효인산 함량(mg/kg)			
	200	300	400	500
	인산(P_2O_5) 비료사용량, kg/10a			
	15.5	11.7	7.9	4.1
칼리 비료추천식: $K_2O(kg/10a) = 12.013 - 30.945 \times (K/\sqrt{Ca+Mg})$	토양 교환성 양이온비($K/\sqrt{Ca+Mg}$)			
	0.1	0.15	0.2	0.25
	칼리(K_2O) 비료사용량, kg/10a			
	8.9	7.4	5.8	4.3

(시험 4) 달래 비료사용 기준 설정

달래 재배지에 대한 41농가 양분관리 실태조사 결과, 평균 비료 사용량은 질소, 인산, 칼리 16.2-9.3-11.7kg/10a으로 나타났다(표 22). 질소의 경우 최소 1.8kg/10a에서 최대 406kg/10a까지 분포하는 등 비료사용량의 편차가 컸다. 이러한 편차는 강원, 충남 등 각 지역마다 관행적으로 사용하는 비료사용량, 토양 비옥도가 달라 발생한 것으로 판단된다. 또한 주요 재배지의 토양 화학성 평균은 pH는 6.8로 적정범위에 속했지만 유기물 35g/kg, 유효인산 878mg/kg, 교환성양이온 대부분의 양분함량이 적정범위를 초과하였다(표 23). 달래 재배지 식물체 분석에 따른 T-N, P₂O₅, K₂O 성분 함량은 표 24와 같다.

표 22. 달래 재배 농가 평균 비료사용량(41농가)

구분	밑거름(kg/10a)			웃거름(kg/10a)			합계(kg/10a)		
	질소	인산	칼리	질소	인산	칼리	질소	인산	칼리
평균	12.9	8.6	9.5	3.1	0.5	1.3	16.2	9.3	11.7
최소	1.8	-	0.4	1.4	-	-	1.8	-	0.4
최대	28.9	23.4	23.4	21.8	9.1	12.7	40.6	23.4	47.3

표 23. 달래 재배지 토양 화학성

구분	pH (1:5)	EC (1:5)	OM (g/kg)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exch. Cations (cmol _c /kg)		
					K	Ca	Mg
평균	6.8	0.8	35	878	1.46	7.2	2.6
최소	5.1	0.2	19	229	0.40	2.6	0.5
최대	8.2	3.1	67	2,781	5.72	20.4	18.0
달래 토양 적정범위	6.0~7.0	2 이하	20~30	300~550	0.50~0.80	5.0~6.0	1.5~2.0

표 24. 달래 식물체 평균 성분함량

성분함량(%)		
T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O
3.0±0.77	0.6±0.15	2.4±0.42

달래 재배시험은 토양 화학성의 비옥도가 크지 않은 농경지에서 수행되었다(표 25). 또한 재배시험 1년차와 비교하였을 때 2년차 토양 양분이 전반적으로 양호하였으며, 이에 따른 생육 및 수량이 2년차에서 더 높게 나타났다. 비료 처리에 따른 토양 화학성은 시험구 별로 유의한 차이가 나타나지 않았다(표 26).

표 25. 달래 재배시험 전 토양 화학성

구분	pH (1:5)	EC (1:5)	OM (g/kg)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exch. Cations (cmol _c /kg)		
					K	Ca	Mg
1년차	6.86	0.29	14	464	0.58	3.5	0.8
2년차	7.47	0.26	19	462	0.26	3.3	0.6
달래 토양 적정범위	6.0~7.0	2 이하	20~30	300~550	0.50~0.80	5.0~6.0	1.5~2.0

표 26. 달래 재배시험 비료 수준별 처리에 따른 토양 화학성

구분	처리구	pH (1:5)	EC (1:5)	OM (g/kg)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exch. Cations (cmol _c /kg)		
						K	Ca	Mg
1년차 수확기	N 0배	7.0	0.3	14	436	0.54	3.8	0.9
	N 0.5배	6.7	0.3	8	248	0.21	3.2	0.7
	N 1배	6.7	0.2	11	419	0.49	3.8	0.9
	N 1.5배	6.9	0.3	12	345	0.48	3.1	0.6
	N 2배	7.3	0.2	13	424	0.37	4.3	0.9
	P 0배	7.2	0.2	14	470	0.77	3.3	0.7
	P 0.5배	7.5	0.3	15	674	0.69	4.9	1.1
	P 1배	6.7	0.3	11	419	0.49	3.8	0.9
	P 1.5배	6.7	0.3	9	289	0.43	3.3	0.7
	P 2배	7.2	0.3	14	593	0.67	4.1	1.0
	K 0배	6.6	0.2	12	380	0.71	3.5	0.8
	K 0.5배	7.5	0.3	12	383	0.27	4.5	0.9
	K 1배	6.7	0.2	11	419	0.49	3.8	0.9
	K 1.5배	6.5	0.2	10	305	0.85	3.2	0.7
K 2배	6.4	0.3	9	229	0.19	3.3	0.8	
2년차 수확기	N 0배	6.9	1.3	27	644	0.61	6.3	1.2
	N 0.5배	6.6	3.0	34	737	1.23	8.2	1.4
	N 1배	6.8	2.5	20	634	0.99	5.0	0.9
	N 1.5배	7.2	3.9	19	689	1.66	5.1	1.0
	N 2배	7.4	2.7	22	723	1.43	6.3	1.3
	P 0배	6.8	2.0	24	832	1.12	7.1	1.2
	P 0.5배	6.7	1.6	21	605	0.64	5.5	1.0
	P 1배	6.8	2.5	20	634	0.99	5.0	1.0
	P 1.5배	6.7	3.0	25	842	1.49	8.0	1.5
	P 2배	6.5	3.7	19	691	1.31	5.1	1.0
	K 0배	7.1	2.7	24	801	0.68	5.7	1.0
	K 0.5배	7.0	3.1	30	792	1.22	6.7	1.3
	K 1배	6.8	2.4	20	634	0.99	5.0	1.0
	K 1.5배	6.9	5.4	21	732	2.37	5.6	1.2
K 2배	7.2	3.3	23	709	1.48	7.1	1.1	

달래의 염수, 초장, 무게에 대한 작물 생육을 조사하였다(표 27). 재배시험 1년차에서 염수 및 무게는 비료 수준별로 유의한 차이가 나타나지 않았으며, 초장은 칼리 시험구 0.5배에서 가장 높은 유의한 값이 나타났다. 재배시험 2년차에서는 염수가 질소 1배, 칼리 1.5배에서 가장 높은 유의한 값이 나타났고, 초장은 질소 1배, 인산 0배에서 값이 높았다. 비료 수준에 따른 달래 수량의 경우 재배시험 1년차에서는 기준 비료량 질소 1배(484kg/10a), 인산 1.5배(570), 칼리 0.5배(598) 시험구에서, 2년차에서는 질소 0.5배(790), 인산 1.5배(658), 칼리 0.5배(726)에서 가장 높았다(표 28). 달래 재배시험 1, 2년차 수량곡선 평균에 대해서 최대 수량을 생산할 때의 비료량은 질소, 인산, 칼리 7.6-11.2-9.6kg/10a으로 나타났(그림 8).

표 27. 달래 재배시험 비료 수준별 처리에 따른 달래 생육

구분	처리	엽수(개)			엽장(cm)			엽중(g)		
		질소	인산	칼리	질소	인산	칼리	질소	인산	칼리
1년차	0배	22.8b	23.7ns	25.4ns	32.2c	43.9c	45.7ns	226.8c	348.1ns	379.7ns
	0.5배	23.7b	24.4	24.2	40.4b	45.4c	47.2	318.2bc	420.2	393.2
	1배	23.2b	24.2	24.2	45.9a	45.9bc	45.9	429.2ab	429.2	429.2
	1.5배	26.4ab	25.0	24.1	46.9a	48.9ab	46.8	462.0a	439.8	419.7
	2배	28.2a	26.8	24.4	49.0a	50.4a	44.7	477.8a	519.9	368.6
2년차	0배	25.8ns	24.6b	28.7ns	28.7c	28.8d	34.2ns	218.7c	224.3b	357.0ns
	0.5배	28.1	28.2a	30.5	30.3c	31.9c	33.5	326.6b	331.8a	365.3
	1배	28.2	28.2a	28.2	33.7b	33.7b	33.7	333.3b	333.3a	333.3
	1.5배	28.6	28.3a	28.4	37.9a	34.6ab	32.6	462.8a	364.0a	361.3
	2배	27.5	30.2a	27.9	34.4b	35.4a	34.4	348.4b	338.1a	361.7

DMRT; $p < 0.05$.

표 28. 달래 재배시험 비료 수준별 처리에 따른 수확량(kg/10a, 생중)

처리	질소구	인산구	칼리구	
1년차	0배	1,744c	2,678ns	2,921ns
	0.5배	2,448bc	3,232	3,025
	1배	3,302ab	3,302	3,302
	1.5배	3,554a	3,383	3,229
	2배	3,675a	3,999	2,835
2년차	0배	1,682c	1,725b	2,746ns
	0.5배	2,512b	2,552a	2,810
	1배	2,564b	2,564a	2,564
	1.5배	3,560a	2,800a	2,779
	2배	2,680b	2,601a	2,782

DMRT; $p < 0.05$.

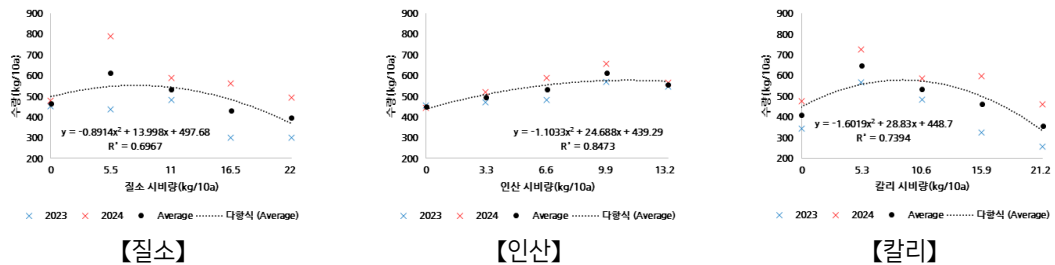
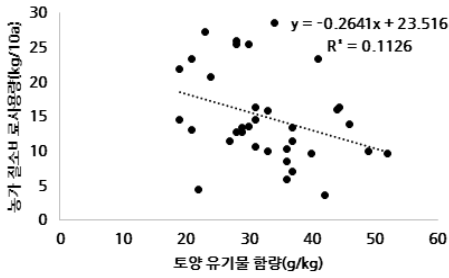
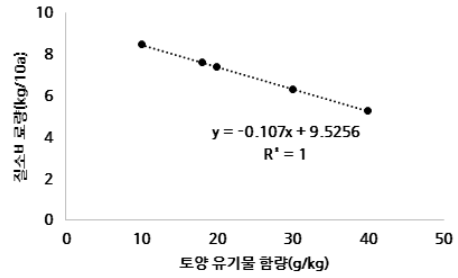


그림 8. 달래 재배시험 비료 수준 처리별 수량 곡선(kg/10a)



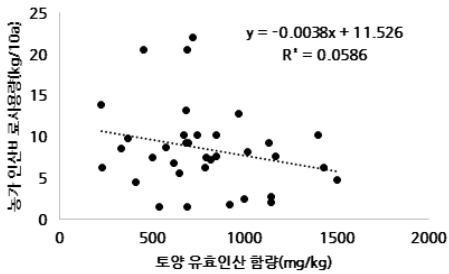
【토양 유기물 함량과 질소비료 사용량 관계】



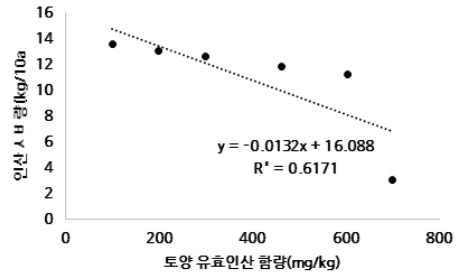
【토양 유기물 함량에 따른 질소 시비량】

그림 9. 달래 토양검정에 따른 질소 비료추천식 설정

달래 토양검정에 따른 질소 비료 추천식 설정을 위하여 농가 농경지 토양 유기물 함량과 질소 시비량 관계식에 재배시험 최대 수량을 나타내는 질소 비료량 7.6kg/10a 및 1, 2년차 시험 전 토양 유기물 함량 평균 18g/kg를 적용하여 보정하였다. 그 결과 질소 시비량(N, kg/10a) = 9.5256 - 0.107×토양 유기물 함량(g/kg)의 질소 비료 추천식을 설정하였다.



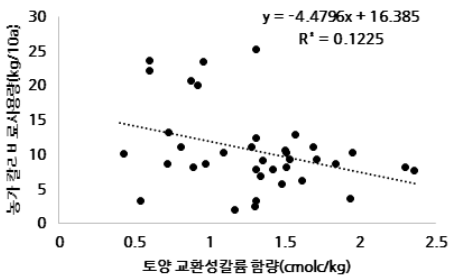
【토양 유효인산 함량과 인산비료 사용량 관계】



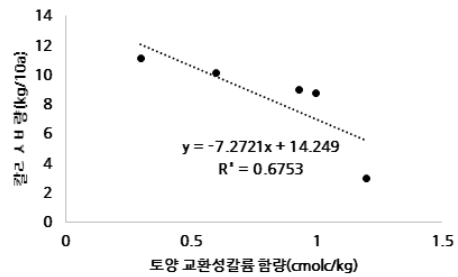
【토양 유효인산 함량에 따른 인산 시비량】

그림 10. 달래 토양검정에 따른 인산 비료추천식 설정

다음 토양검정에 따른 인산 비료 추천식 설정을 위하여 농가 농경지 토양 유효인산 함량과 인산 시비량 관계식에 재배시험 최대 수량을 나타내는 인산 비료량 11.2kg/10a 및 1, 2년차 시험 전 토양 유효인산 함량 평균 605mg/kg를 적용하여 보정하였다. 그 결과 인산 시비량(P2O5, kg/10a) = 16.088 - 0.0132×토양 유효인산 함량(mg/kg)의 인산 비료 추천식을 설정하였다.



【토양 교환성칼륨 함량과 칼리비료 사용량 관계】



【토양 교환성칼륨 함량에 따른 칼리 시비량】

그림 11. 달래 토양검정에 따른 칼리 비료추천식 설정

다음 토양검정에 따른 칼리 비료 추천식 설정을 위하여 농가 농경지 토양 교환성칼륨 함량과 칼리 시비량 관계식에 재배시험 최대 수량을 나타내는 칼리 비료량 9.0kg/10a 및 1, 2년차 시험 전 토양 교환성칼륨 함량 평균 0.93cmol_c/kg을 적용하여 보정하였다. 그 결과 칼리 시비량(K₂O, kg/10a) = 14.249 - 7.2721 × 교환성칼륨 함량(cmol_c/kg)의 칼리 비료 추천식을 설정하였다.

표 29. 달래 토양검정에 따른 비료 추천식

질소 비료추천식: N(kg/10a) = 9.5256 - 0.107×OM	토양 유기물(g/kg)			
	10	20	30	40
	질소(N) 비료사용량, kg/10a			
	8.5	7.4	6.3	5.2
인산 비료추천식: P ₂ O ₅ (kg/10a) = 16.088 - 0.0132×Av.P ₂ O ₅	토양 유효인산 함량(mg/kg)			
	200	300	400	500
	인산(P ₂ O ₅) 비료사용량, kg/10a			
	13.4	12.1	10.8	9.2
칼리 비료추천식: K ₂ O(kg/10a) = 14.249 - 7.2721×Ex.K	교환성 칼륨 함량(cmol _c /kg)			
	0.2	0.4	0.6	0.8
	칼리(K ₂ O) 비료사용량, kg/10a			
	12.8	11.3	9.9	8.4

(시험 5) 아스파라거스 비료사용 기준 설정

아스파라거스 재배지에 대한 54농가 양분관리 실태조사 결과, 평균 비료사용량은 질소, 인산, 칼리 67.4-37.3-53.3kg/10a으로 나타났다(표 30). 농가는 주로 밑거름으로는 제2종 복합비료, 웃거름은 제4종 복합비료를 사용하였다. 최대 비료사용량은 220.7-108-1-303.0kg/10a으로 아스파라거스 재배 농가에서는 타 작물보다 많은 양의 비료와 유기물을 사용하는 경향이 있다. 주요 재배지의 토양화학적 성은 pH를 제외한 모든 항목에서 적정범위를 초과하였다(표 31). 아스파라거스 재배지 식물체 채취에 따른 T-N, P₂O₅, K₂O 성분함량은 표 32와 같다.

표 30. 아스파라거스 재배 농가 평균 비료사용량(54농가)

구분	밑거름(kg/10a)			웃거름(kg/10a)			합계(kg/10a)		
	질소	인산	칼리	질소	인산	칼리	질소	인산	칼리
평균	23.4	20.0	19.1	44.0	17.3	34.2	67.4	37.3	53.3
최소	-	-	-	-	-	-	1.4	-	4.1
최대	127.3	103.0	103.0	199.5	101.0	303.0	220.7	108.1	303.0

표 31. 아스파라거스 재배지 토양 화학성

구분	pH (1:5)	EC (1:5)	OM (g/kg)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exch. Cations (cmol _c /kg)		
					K	Ca	Mg
평균	5.8	8.3	77	1,836	4.46	12.3	4.8
최소	4.3	0.4	20	596	0.25	3.6	1.5
최대	7.0	29.1	264	4,847	11.13	44.3	17.9
시설재배 토양 적정범위	6.0~7.0	2 이하	25~35	300~550	0.50~0.80	5.0~6.0	1.5~2.0

표 32. 아스파라거스 식물체 평균 성분함량

성분함량(%)		
T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O
3.7±0.89	3.5±0.68	1.4±0.57

아스파라거스 재배시험은 1, 2년차 동일한 시험연구포장에서 수행하였으며 토양화학성은 표 33과 같다. 비료 처리에 따른 토양화학성은 시험구 별로 유의한 차이가 나타나지 않았다(표 34).

표 33. 아스파라거스 재배시험 전 토양 화학성

구분	pH (1:5)	EC (1:5)	OM (g/kg)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exch. Cations (cmol _c /kg)		
					K	Ca	Mg
1년차	7.5	7.3	13	599	1.80	8.3	1.9
2년차	7.8	1.2	36	987	0.67	7.6	1.0
시설재배 토양 적정범위	6.0~7.0	2 이하	25~35	300~550	0.50~0.80	5.0~6.0	1.5~2.0

표 34. 아스파라거스 재배시험 비료 수준별 처리에 따른 토양 화학성

구분	처리구	pH (1:5)	EC (1:5)	OM (g/kg)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exch. Cations (cmol _c /kg)		
						K	Ca	Mg
1년차 수확기	N 0배	7.3	11.0	12	292	1.12	9.0	2.0
	N 0.5배	6.9	9.1	22	894	3.06	7.6	2.2
	N 1배	7.2	11.8	16	489	1.64	9.5	2.7
	N 1.5배	7.5	21.6	23	693	3.65	13.3	5.3
	N 2배	7.6	14.4	29	907	3.29	11.6	4.6
	P 0배	6.5	5.6	17	160	0.71	5.7	1.1
	P 0.5배	7.2	13.7	29	859	2.34	10.8	3.5
	P 1배	7.2	11.8	16	489	1.64	9.5	2.7
	P 1.5배	7.2	21.4	21	639	2.44	16.5	5.1
	P 2배	7.5	8.4	18	498	1.62	8.7	2.7

구분	처리구	pH (1:5)	EC (1:5)	OM (g/kg)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exch. Cations (cmol _c /kg)		
						K	Ca	Mg
1년차 수확기	K 0배	8.0	16.4	15	409	1.93	11.1	3.5
	K 0.5배	7.1	7.1	18	594	1.27	7.2	1.8
	K 1배	7.2	11.8	16	489	1.64	9.5	2.7
	K 1.5배	8.1	2.9	19	636	1.23	6.9	1.1
	K 2배	7.4	10.5	14	490	1.83	9.2	1.8
2년차 수확기	N 0배	8.0	4.3	25	754	1.54	7.0	1.8
	N 0.5배	7.6	4.8	27	986	1.89	7.5	1.8
	N 1배	8.0	2.1	18	498	0.87	5.3	1.1
	N 1.5배	7.8	8.9	18	448	1.49	8.3	2.7
	N 2배	7.6	3.4	30	842	1.55	7.0	1.7
	P 0배	8.2	0.6	14	371	0.68	4.7	0.8
	P 0.5배	7.3	9.2	22	781	1.47	7.3	2.0
	P 1배	8.0	2.1	18	498	0.87	5.3	1.1
	P 1.5배	7.8	5.4	16	424	0.98	6.5	1.3
	P 2배	7.7	10.8	19	618	1.74	8.2	2.1
	K 0배	7.2	12.2	30	1,009	3.24	10.0	3.6
	K 0.5배	7.7	3.4	23	661	1.54	6.9	1.3
	K 1배	8.0	2.1	18	498	0.87	5.3	1.1
	K 1.5배	7.6	6.3	33	980	2.52	8.0	1.9
	K 2배	7.5	3.3	32	845	2.10	6.4	1.1

아스파라거스 작물 생육 조사항목으로 약경 무게 및 직경을 조사하였다(표 35). 재배시험 1년차에서 약경 무게는 기준 비료량 질소 0.5 및 1배, 인산 1.5~2배, 칼리는 0.5배 시험구에서 가장 높았다. 직경은 비료 수준별로 유의한 차이가 없었다. 2년차는 약경의 무게는 질소 및 인산 1.5배, 칼리 0.5배에서 가장 높았다. 직경은 질소, 칼리 1.5배에서 가장 높았다. 아스파라거스 재배시험 1년차에서 최대 수량을 생산할 때의 비료량은 질소, 인산, 칼리 40.0-22.5-18.0kg/10a이었으며, 2년차는 질소, 인산, 칼리 45.0-30.0-37.5kg/10a으로 나타났다(표 36, 그림 12).

표 35. 아스파라거스 재배시험 비료 수준별 처리에 따른 작물생육

구분	처리	약경 무게(g)			약경 직경(mm)		
		질소	인산	칼리	질소	인산	칼리
1년차	0배	9.5ns	7.8b	6.5b	10.0ns	9.4ns	8.7ns
	0.5배	10.4	8.0b	9.4a	10.3	9.5	10.0
	1배	8.1	8.1b	8.1a	10.3	10.3	10.3
	1.5배	8.8	10.1a	8.2a	10.1	10.1	10.5
	2배	10.4	10.4a	8.8a	11.3	10.8	10.1

구분	처리	약경 무게(g)			약경 직경(mm)		
		질소	인산	칼리	질소	인산	칼리
2년차	0배	13.8c	13.9ns	12.9b	10.0c	10.5ns	9.9b
	0.5배	14.5bc	13.9	15.2a	10.5bc	10.9	11.1a
	1배	14.4bc	14.4	14.4a	10.6b	10.6	10.6a
	1.5배	17.3a	15.3	14.9a	11.9a	11.0	10.9a
	2배	15.8b	14.9	12.7b	11.3a	10.6	9.7b

DMRT; $p < 0.05$.

표 36. 아스파라거스 재배시험 비료 수준별 처리에 따른 평균 수확량(kg/10a, 생중)

처리	질소구	인산구	칼리구	
1년차	0배	726b	510b	453ns
	0.5배	700b	611ab	632
	1배	637c	637ab	637
	1.5배	733b	725a	612
	2배	808a	578ab	592
2년차	0배	840b	783ns	742b
	0.5배	830b	764	915a
	1배	887b	887	887a
	1.5배	1,145a	894	938a
	2배	1,032a	758	946a

DMRT; $p < 0.05$.

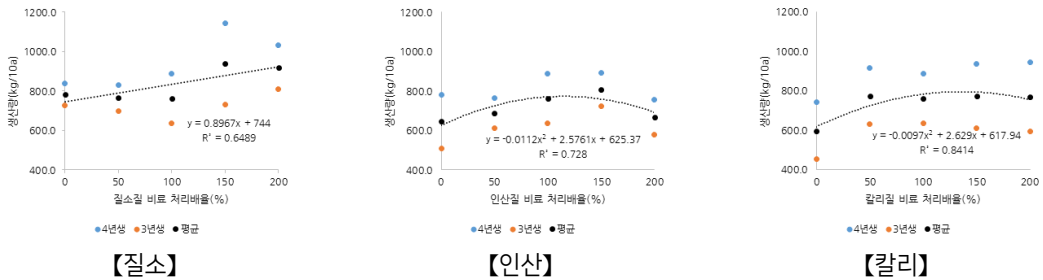


그림 12. 아스파라거스 재배시험 비료 수준 처리별 수량 곡선(kg/10a)

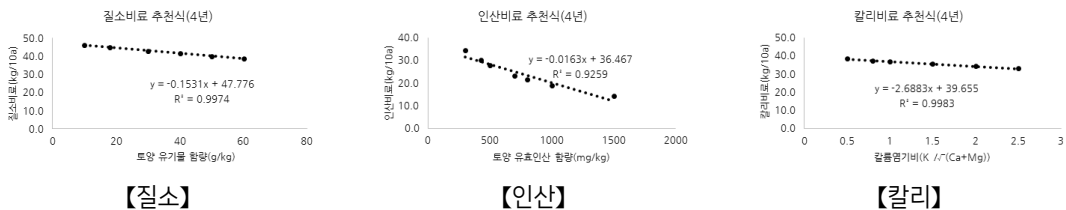


그림 13. 아스파라거스 토양검정에 따른 비료추천식 설정(생육 4년차 이상)

아스파라거스 연차별 생육 양상이 다름에 따라 생육 1, 2, 3년차, 4년차 이상으로 4단계 비료사용기준을 설정하였다. 비료사용 실태조사에 따라 식물체 질소, 인산, 칼리 함량과 토양 유기물, 유효인산, 토양 교환성 양이온비($K/(\sqrt{Ca+Mg})$)를 적용하여 관계식을 설정하였다. 그리고 아스파라거스 생육 4년차 이상 토양검정에 따른 비료 추천식 설정은 재배시험에서 최대 수량을 나타내는 질소, 인산, 칼리 45.0-30.0-37.5kg/10a 비료량과 시험전 토양 양분함량(재배시험 2년차) 유기물 18kg/10a, 유효인산 424mg/kg, 토양 교환성 양이온비 0.8($K/(\sqrt{Ca+Mg})$)을 적용하여 관계식에 보정하였다.

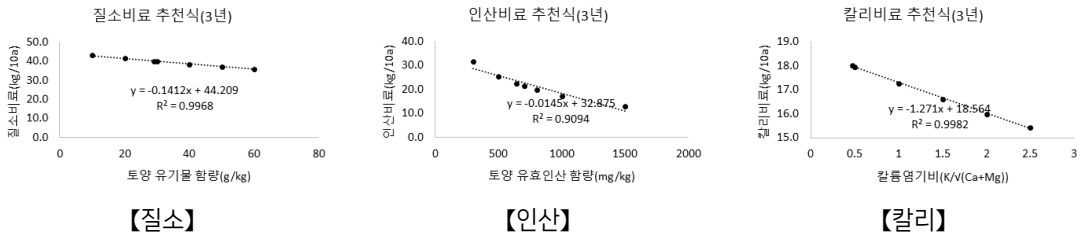


그림 14. 아스파라거스 토양검정에 따른 비료추천식 설정(생육 3년차)

생육 3년차 토양검정에 따른 비료 추천식 설정은 재배시험에서 최대수량을 나타내는 질소, 인산, 칼리 40.0-22.5-18.0kg/10a 비료량과 시험 전 토양 양분함량(재배시험 1년차) 유기물 29kg/10a, 유효인산 639mg/kg, 토양 교환성 양이온비 0.47($K/(\sqrt{Ca+Mg})$)을 적용하여 관계식에 보정하였다.

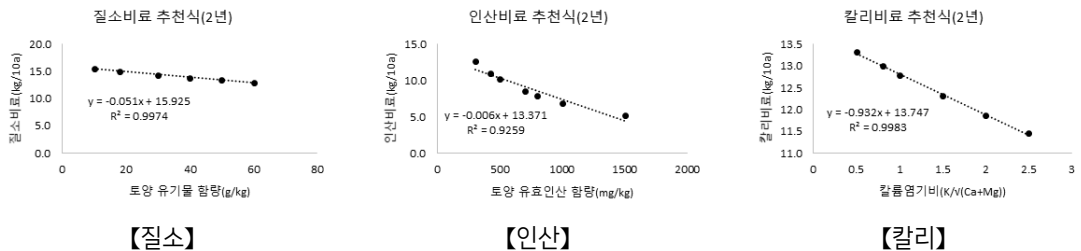


그림 15. 아스파라거스 토양검정에 따른 비료추천식 설정(생육 2년차)

생육 2년차 토양검정에 따른 비료추천식 설정은 생육 1년차 비료사용기준인 질소, 인산, 칼리 15.0-11.0-13.0kg/10a와 시험 전 토양 양분함량(2년차) 유기물 18g/kg, 유효인산 424mg/kg, 토양 교환성 양이온비 0.8($K/(\sqrt{Ca+Mg})$)을 적용하여 관계식에 보정하였다.

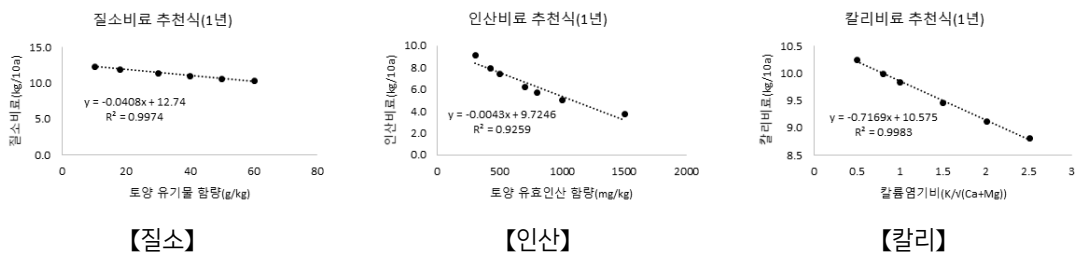


그림 16. 아스파라거스 토양검정에 따른 비료추천식 설정(생육 1년차)

생육 1년차 토양검정에 따른 비료추천식 설정은 생육 1년차 비료사용기준은 질소, 인산, 칼리 12.0-8.0-10.0kg/10a와 시험 전 토양 양분함량(2년차) 유기물 18g/kg, 유효인산 424mg/kg, 토양 교환성 양이온비 0.8(K/(√Ca+Mg))을 적용하여 관계식에 보정하였다.

표 37. 아스파라거스 토양검정에 따른 비료추천식

구 분	질소비료 추천식	비 고
1년	$y = -0.0408x + 12.74$	<ul style="list-style-type: none"> · x = 토양 유기물 함량(g/kg) · y = 질소(N) 비료(kg/10a) · 밑거름 70%, 웃거름 30%
2년	$y = -0.051x + 15.925$	
3년	$y = -0.1412x + 44.209$	
4년 이상	$y = -0.1531x + 47.776$	
구 분	인산비료 추천식	비 고
1년	$y = -0.0043x + 9.7246$	<ul style="list-style-type: none"> · x = 토양 유효인산 함량(mg/kg) · y = 인산(P2O5) 비료(kg/10a) · 전량 밑거름
2년	$y = -0.006x + 13.371$	
3년	$y = -0.0145x + 32.875$	
4년 이상	$y = -0.0163x + 36.467$	
구 분	칼리비료 추천식	비 고
1년	$y = -0.7169x + 10.575$	<ul style="list-style-type: none"> · x = 토양 칼리염기비(Exch.K/√(Ca+Mg)) · y = 칼리(K2O) 비료(kg/10a) · 전량 밑거름
2년	$y = -0.932x + 13.747$	
3년	$y = -1.271x + 18.564$	
4년 이상	$y = -2.6883x + 39.655$	

아스파라거스 질소, 인산, 칼리 토양검정에 따른 비료 추천식(표 37)에서 시설재배 토양화학성 적정값 유기물 30g/kg, 유효인산 425mg/kg, 토양 교환성 양이온비 0.24(K/(√Ca+Mg))를 적용하여 생육 연차별 (1, 2, 3년, 4년이상) 질소, 인산, 칼리 비료 표준사용량을 설정하였다(질소질 비료는 전체 비료량에서 밑거름 70% 및 웃거름 30%으로 나눠 사용, 인산 및 칼리질은 전량 밑거름 사용)(표 38).

표 38. 아스파라거스 비료 표준사용량(kg/10a)

구 분	비 종	밑거름	웃거름	합 계
1년	질 소	8.0	3.5	11.5
	인 산	7.9	-	7.9
	칼 리	10.4	-	10.4
2년	질 소	10.0	4.4	14.4
	인 산	10.8	-	10.8
	칼 리	13.5	-	13.5
3년	질 소	28.0	12.0	40.0
	인 산	26.7	-	26.7
	칼 리	18.3	-	18.3

구 분	비 중	밑거름	웃거름	합 계
4년 이상	질 소	30.2	13.0	43.2
	인 산	29.5	-	29.5
	칼 리	39.0	-	39.0

4 적 요

<제1세부과제: 강원지역 소면적 재배 작물의 토양검정 비료사용처방 기준 설정>

(시험 1) 쥐눈이콩 비료사용 기준 설정

가. 쥐눈이콩 농가 비료사용 실태조사 및 재배시험에 따라 비료 표준사용량 질소, 인산, 칼리 4.2-2.6-3.4kg/10a, 토양 검정에 따른 비료 추천식은 질소 $y(N, \text{kg}/10a) = 5.3617 - 0.0468 \times O.M.(\text{g}/\text{kg})$, 인산 $y(P_2O_5, \text{kg}/10a) = 3.031 - 0.002 \times Av.P_2O_5(\text{mg}/\text{kg})$, 칼리 $y(K_2O, \text{kg}/10a) = 3.8823 - 0.9531 \times Exch.K(\text{cmol}_c/\text{kg})$ 으로 설정하였다.

(시험 2) 수수 비료사용 기준 설정

가. 수수는 비료 표준사용량이 기설정되어 있음에 따라, 농가 비료사용 실태조사에 따라 토양검정에 따른 비료 추천식만 질소 $y(N, \text{kg}/10a) = 19.925 - 0.3972 \times O.M.(\text{g}/\text{kg})$, 인산 $y(P_2O_5, \text{kg}/10a) = 8.38 - 0.019 \times Av.P_2O_5(\text{mg}/\text{kg})$, 칼리 $y(K_2O, \text{kg}/10a) = 8.6091 - 3.2182 \times Exch.K(\text{cmol}_c/\text{kg})$ 으로 설정하였다.

(시험 3) 시래기용 무 비료사용 기준 설정

가. 시래기용 무 농가 비료사용 실태조사 및 재배시험에 따라 비료 표준사용량 질소, 인산, 칼리 35.5-7.9-5.8kg/10a, 토양검정에 따른 비료 추천식은 질소 $y(N, \text{kg}/10a) = 42.427 - 0.279 \times O.M.(\text{g}/\text{kg})$, 인산 $y(P_2O_5, \text{kg}/10a) = 23.134 - 0.038 \times Av.P_2O_5(\text{mg}/\text{kg})$, 칼리 $y(K_2O, \text{kg}/10a) = 12.013 - 30.945 \times (K/\sqrt{Ca+Mg})$ 으로 설정하였다.

(시험 4) 달래 비료사용 기준 설정

가. 달래 농가 비료사용 실태조사 및 재배시험에 따라 비료 표준사용량 질소, 인산, 칼리 6.3-10.1-9.0kg/10a, 토양검정에 따른 비료 추천식은 질소 $y(N, \text{kg}/10a) = 9.5256 - 0.107 \times O.M.(\text{g}/\text{kg})$, 인산 $y(P_2O_5, \text{kg}/10a) = 16.088 - 0.0132 \times Av.P_2O_5(\text{mg}/\text{kg})$, 칼리 $y(K_2O, \text{kg}/10a) = 14.249 - 7.2721 \times Exch.K(\text{cmol}_c/\text{kg})$ 으로 설정하였다.

(시험 5) 아스파라거스 비료사용 기준 설정

가. 아스파라거스 농가 비료사용 실태조사 및 재배시험에 따라 생육 1, 2, 3, 4년 이상의 4단계로 구분하여 비료 표준사용량과 토양 검정에 따른 비료 추천식을 설정하였다.

5 인용문헌

- 김명숙, 이은진, 이태구, 정하일, 허승오, 옥정훈, 황선아, 오부영, 손정우, 이찬욱. 2023. 종합검정실 분석 매뉴얼. 농촌진흥청.
- 이예진, 이찬욱, 박혜진, 송요성, 김양민. 2022. 작물별 비료사용처방(5차 개정본). 농촌진흥청 국립농업과학원.
- 이진일. 2016. 시설 달래 시비기준 설정. 충청남도농업기술원.
- 최영진. 2009. 산나물 재배와 이용법. pp169-171. 오성출판사.
- Del Rossi G, Hoque MM, Ji Y, Kling CL. 2023. Annu. Rev. Resour. Econ. 15:105-130
- Liu J, Wang D, Yan X, Jia L, Chen N, Liu J, Zhao P, Cao Q, 2024. Effects of nitrogen, Phosphorus and potassium fertilization management on soil properties and leaf traits and yield of *Sapindus mukorossi*. Front. Plant Sci. 15:1300683.
- Song Q, Fu H, Shi Q, Shan X, Wang Z, Sun Z, Li T. 2022. Overfertilization reduces tomato yield under long-term continuous cropping system via regulation of soil micro bial community composition. Front. Microbiol. 13:952021.

6 연구결과 활용

연도(연차)	활용방안	제 목
2021(1년)	홍보	강원특별자치도농업기술원, 도내 수수·쥐눈이콩 농가 비료사용현황 조사
2022(2년)	학술발표	수수 토양검정에 의한 비료사용량 추천
	영농활용	수수 토양검정에 의한 비료 추천식
2023(3년)	학술발표	쥐눈이콩 재배지의 토양화학성 및 비료사용량, 식물체 무기성분 관계
	영농활용	쥐눈이콩 비료 표준사용량 및 토양검정에 의한 비료 추천식
	영농활용	시래기용 무 비료 표준사용량 및 토양검정에 의한 비료 추천식
2024(4년)	영농활용	달래 비료표준사용량 및 토양검정에 의한 비료 추천식
	홍보	강원특별자치도농업기술원, '달래' 비료 사용기준 설정
2025(5년)	논문게재	Effect of NPK fertilization rates on soil chemical properties, crop productivity and nutrient use efficiency in wild chive(<i>Allium monanthum</i> Maxim.)
	학술발표	강원지역 아스파라거스 비료사용실태 조사
	영농활용	아스파라거스 토양검정에 의한 비료 추천식

성과지표		연도		1년차 (2021)		2년차 (2022)		3년차 (2023)		4년차 (2024)		5년차 (2025)		계		
		목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	
논문 게재	SCI															
	비SCI											1	1	1	1	
학술 발표	국제															
	국내	1		1	1			1					1	2	3	
품종	출원															
	등록															
영농 활용	기술															
	정보			1	1	1	2	1	1			1		3	5	
DB 구축								1		1				1	3	
홍보		1	1							1	1				2	2
현장컨설팅																
계		2	1	2	2	2	3	3	2	1	2	1	2	10	10	

7 연구원 편성

구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도				
					'21	'22	'23	'24	'25
과제책임자	국립농업과학원	농업연구관	이예진	과제 총괄	○	○	○	○	○
세부책임자	농업환경연구과	농업연구사	김동민	세부주관 수행	○	○	○	○	○
공동연구자	농업환경연구과	농업연구사	홍성유	현장조사 지원			○	○	○
		농업연구사	홍수영	현장조사 지원	○	○	○	○	○
		농업연구사	김희연	현장조사 지원					○
		농업연구관	허수정	평가분석 지원					○
		농업연구관	김기선	평가분석 지원			○	○	○
		공무직	주원영	현장조사 지원	○	○	○	○	○